

自动化超声波检测钢质圆棒时的灵敏度校准及仿真建模

李得彬

(华东理工大学 机械与动力工程学院, 上海 200237)

摘要:使用 VB6.0 语言对在 R0B65VIS 型自动检测设备下的圆棒类工件超声自动化检测时灵敏度的校准进行了仿真研究。根据超声检测中声波传播过程的特点,提取了其数学模型和主要原理,实现了圆棒类工件自动化超声波检测时灵敏度校准的过程模拟。该研究解决了圆棒类工件灵敏度调节时各类参数较多,计算比较复杂以及自动化检测中由于棒材高速旋转导致灵敏度调节时人工缺陷回波识别困难的问题。仿真模型具有通用性,能对实际检测时灵敏度校准提供理论指导。

关键词:超声检测;灵敏度校准;圆棒工件;仿真建模

中图分类号: TG115.28

文献标识码: A

文章编号: 1000-6656(2008)11-0829-03

Sensitivity Calibration and Simulation Modeling in Ultrasonic Auto-Testing of Steel Round Bar

LI De-Bin

(School of Mechanical and Power Engineering, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China)

Abstract: With VB 6.0 as a platform, the adjustment of sensitivity in the automatic ultrasonic testing (UT) of round-stick workpieces using R0B65VIS automatic testing equipment was simulated. According to the features of the sound wave spreading process in UT, its mathematical model and main principle were extracted, which realized the simulation of the sensitivity adjustment in automatic UT of round-stick workpieces. This thesis solved two basic problems, complicated calculation due to the various parameters in the sensitivity adjustment of round-stick workpiece testing and difficulties in judgment of the artificial flaw resulted from tail-wagging of the stick material in automatic testing. This simulation modeling was generally applicable for all purposes, which provided theoretical instruction for the sensitivity adjustment in practical testing.

Keywords: Ultrasonic testing; Sensitivity adjustment; Round-stick workpieces; Simulation modeling

某钢厂引进了一款超声波自动检测设备(型号为 R0B65VIS),对规格为 15~60 mm 的钢质圆棒锻件进行近表面和内部缺陷检测。在使用该设备调节灵敏度时发现,检测试块上的人工缺陷很难在仪器屏幕上找到,使得操作人员很难顺利地完探伤工作。理论分析认为,由于圆棒类工件检测时各类参数较多,且往往需联合调整,使得声波的传播路径难以分析和掌握,探头偏转角度的微小变化可能会引起从水中入射至工件的入射角的较大变化,进

而导致仪器屏幕上的反射波的运动速度很大,难以发现。

为此,笔者通过计算机软件,展现了圆棒试块灵敏度调节时的超声波传播路径,采用 VB 6.0 语言对圆棒类工件自动化超声波检测灵敏度校准进行了仿真研究。

1 检测设备

设备的探头型号有两种,A(15~25 mm)模式下使用 Z5RM10 * 12/4 * L20E1,AA(25~60 mm)模式下使用 Z4RM10 * 12/4 * L50E1;检测设备采用六个探头模块,三个探头为一组,A 模式下采用

收稿日期:2008-08-21

作者简介:李得彬(1984—),男,硕士,研究方向为超声检测。

S1, CF1 和 S2 三个探头, AA 模式下采用 SI, CF1 和 SII 三个探头, 采用水浸耦合。每个模式下, 两个探头模块倾斜入射, 以超声横波检测棒材近表面缺陷; 另一个探头模块垂直入射, 超声纵波检测棒材内部缺陷, 检测速度可达 2 m/s。探头绕着棒材径向作高速旋转, 转速可达 2 500 r/min。圆棒检测试块由德国 KK 公司制造, 主要用于灵敏度校验(图 1), 缺陷个数为四个 $\phi 0.8 \text{ mm} \times 15 \text{ mm}$ 的横通孔(两个为近表面缺陷, 两个为中心缺陷)。

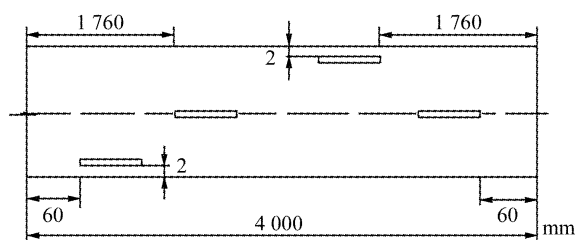


图 1 圆棒试样

2 仿真程序编制思路

根据超声检测中声波传播过程的特点, 提取其数学模型和主要原理, 实现模拟圆棒类工件自动化超声波检测灵敏度调节过程。把问题抽象成在一种模式下, 一个探头垂直入射, 用于检测内部缺陷; 一个探头倾斜入射, 用于检测近表面缺陷。

软件编制时, 以试样半径 R 、水层厚度 H 、探头偏转角 α 以及工件中的声速(横波声速 c_{S2} 、纵波声速 c_{L2})作为可变参数。主体程序框图见图 2。

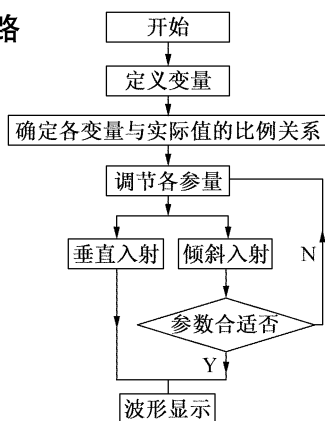
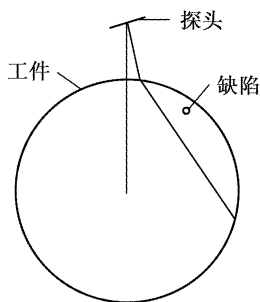
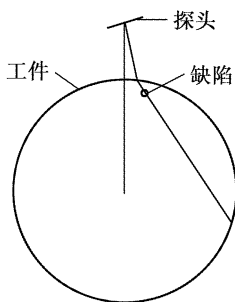


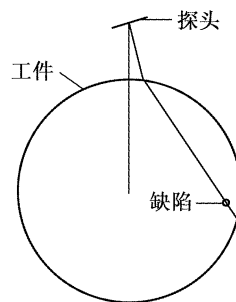
图 2 主程序框图



(a) 倾斜入射时未遇到缺陷的截面图



(b) 第一次遇到缺陷



(c) 第二次遇到缺陷

图 5 倾斜入射位置示意图

3 仿真软件简介

3.1 垂直入射

直探头产生的超声纵波垂直入射至圆棒表面(图 3)。探头从工件的一端开始移动, 同时探头产生的超声波入射至圆棒, 在未遇到缺陷时, 直接入射至工件底面, 示波屏上只会出

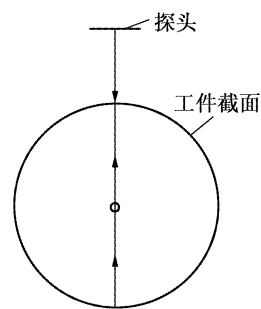
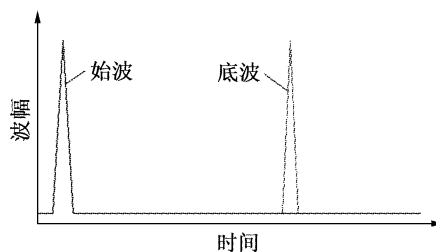
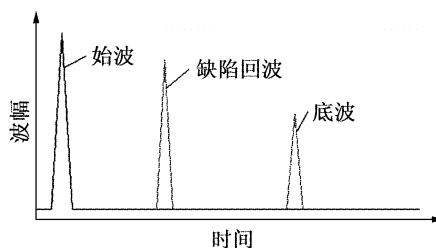


图 3 垂直入射截面图

示波屏上只会出现始波和底面回波, 并且底面回波相对较高(图 4a)。当探头移动到存在缺陷部位, 便产生缺陷反射回波, 同时底面回波将有所下降(图 4b)。



(a) 无缺陷时



(b) 存在缺陷时

图 4 垂直入射仿真波形

3.2 倾斜入射

倾斜入射的截面示意图如图 5 所示。由于探头绕工件高速旋转, 因此探头旋转一周, 超声波会被同一缺陷反射两次。程序中假定探头不动, 带缺陷的

工件作高速旋转,此时同一个缺陷在圆棒旋转一周后也会产生两个缺陷回波。

图6是仿真的参数控制界面,各参数可进行大小调节。在参数控制区域选定了参数后,开始检测,出现A扫描仿真波形图(图7)。

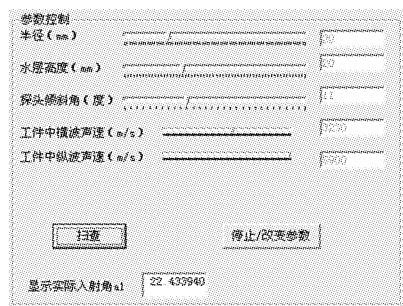
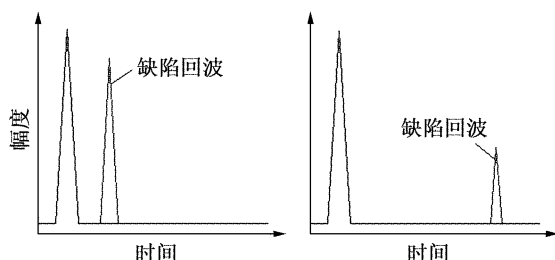


图6 参数界面



(a) 图5b中缺陷波形图 (b) 图5c中缺陷波形图

图7 倾斜入射时的缺陷波形图

改变参数,相应的示意图和波形仿真图都会得到连续改变。

4 应用实例

采用 R0B65VIS 型超声波检测设备,对直径 40 mm、长 4 000 mm 的圆棒型试块进行了灵敏度调节。人工缺陷为 4 个 $\phi 0.8 \text{ mm} \times 15 \text{ mm}$ 的横通孔(2 个为近表面缺陷,两个为中心缺陷),探头型号为 AA 模式下的 Z4RM10 * 12/4 * L50E1。

在参数界面输入试样规格(半径和声速),调节水层厚度和探头偏转角度,当显示界面的波形出现在合适位置时,记下水层厚度值及探头偏转角度值。将这两个值输入 R0B65VIS 型超声波检测设备,便能在荧光屏上得到位置合适的人工缺陷回波。

当试件直径确定了之后,水层厚度与探头偏转角度必须在一个互相适应的范围内,才能得到想要

的各反射体回波。本例中的水层最小只能为 14 mm,探头偏转角度最大只能是 13° ,否则得不到缺陷反射回波。表1和表2分别给出了不同水层厚度所对应的探头偏转角范围,以及不同探头偏转角度对应的水层厚度范围。

表1 不同水层厚度所对应的探头偏转角范围

水层厚度 /mm	探头偏 转角/ $^\circ$	水层厚度 /mm	探头偏 转角/ $^\circ$	水层厚度 /mm	探头偏 转角/ $^\circ$
14	11~14	20	8~11	35	6~8
16	9~13	25	7~10		
18	8~12	30	6~9		

表2 不同探头偏转角度对应的水层厚度范围

探头偏 转角/ $^\circ$	水层厚度 /mm	探头偏 转角/ $^\circ$	水层厚度 /mm	探头偏 转角/ $^\circ$	水层厚度 /mm
4	52~60	8	17~37	12	14~18
5	37~60	9	16~31	13	14~16
6	26~56	10	15~26		
7	22~45	11	14~21		

表1和2是仿真模型得出的理论值,水层高度(或探头偏转角)确定后,通常取范围的中间值。如本例中选择水层厚度为 20 mm,则根据表1可知,探头偏转角度为 $8^\circ \sim 11^\circ$,选中间值 10° 。若先选择探头偏转角为 10° ,则根据表2可知,水层厚度为 15~26 mm,取中间值 20 mm。

通过软件选定了水层深度和探头偏转角度后,将之用于实际探伤中的设备调节,效果非常理想,有助于操作人员顺利开展检测。

5 结语

在对超声传播原理进行几何简化的基础上,应用 VB 6.0 语言开发了圆棒类工件自动超声检测灵敏度校准通用仿真软件,实现了超声在圆棒件内的传播路径的实时模拟和仿真,为实际圆棒类工件检测,特别是灵敏度调整提供了指导。

参考文献:

- [1] 李 衍,译. 超声波探伤 A[M]. 江苏:江苏科学技术出版社,1979.
- [13] 艾春安,李 剑. 兰姆波频率方程的数值解法[J]. 无损检测,2005,27(6):294-296.
- [14] 刘镇清,张海燕. 固/液/固三层结构板中超声兰姆波的频散曲线[J]. 声学技术,2001,26(2):89-91.
- [15] Nayfeh A H. Wave Propagation in Layered Anisotropic Media with Application to Composites[M]. Amsterdam: Elsevier,1995.

(上接第 812 页)

- [13] 艾春安,李 剑. 兰姆波频率方程的数值解法[J]. 无损检测,2005,27(6):294-296.
- [14] 刘镇清,张海燕. 固/液/固三层结构板中超声兰姆波